



MISKOLCI EGYETEM

**MŰSZAKI FÖLD- ÉS  
KÖRNYEZETTUDOMÁNYI  
KAR**

## **GÁZELŐKÉSZÍTÉS**

MFKGT601362L

Műszaki földtudományi alapszak  
Olaj- és gáz specializáció  
*levelező munkarend*

TANTÁRGYI KOMMUNIKÁCIÓS DOSSZIÉ

MISKOLCI EGYETEM  
MŰSZAKI FÖLD- ÉS KÖRNYEZETTUDOMÁNYI KAR  
KŐOLAJ ÉS FÖLDGÁZ INTÉZET

Miskolc, 2025/2026. II. félév

# TARTALOMJEGYZÉK

Tantárgyi adatlap  
Féléves ütemterv  
Minta zárthelyi feladat  
Minta zárthelyi feladat megoldás  
Vizsga felkészülési témakörök

## TANTÁRGYI ADATLAP

<b>Tantárgy neve:</b> Gázelőkészítés <b>Tárgyjegyző:</b> Dr. Vadászi Marianna marianna.vadaszi@uni-miskolc.hu	<b>Tantárgy kódja:</b> MFKGT601362L <b>Tárgyfelelős tanszék/intézet:</b> GMTSZ/BEI <b>Tantárgyelem:</b> K
<b>Javasolt félév:</b> 6	<b>Előfeltételek:</b> AKKEM6001 (Általános és szerves kémia 1.)
<b>Óraszám/hét (ea+gyak):</b> 2+1	<b>Számonkérés módja (a/gy/v):</b> aláírás/gyakorlati jegy
<b>Kreditpont:</b> 2	<b>Tagozat:</b> nappali

**Tantárgy feladata és célja:**

A tantárgy átfogja mindazon technológiákat, elméleti és gyakorlati szempontból egyaránt, amelyek a földgáz későbbi szállítása és felhasználása céljából lényegesek. Foglalkozik a gázzárítás, -kezelés és -feldolgozás berendezéseivel. A témakörébe tartozó szakismeretek elsajátításával az olaj- és gázmérnökök képesek lesznek a gázelőkészítő technológiák üzemeltetésére, a rendszer zavartalan működésének biztosítására.

**Fejlesztendő kompetenciák:**

**tudás:**

Ismeri a nyersanyagkutatás, -kitermelés és -feldolgozás során alkalmazott technológiákat és azok technikai eszközeit, az eszközök működési elveit, szerkezeti egység. Ismeri szakterületén az üzemi mérési és szabályozó módszereket. Ismeri a terepi, bányászati munkához kapcsolódó munka- és tűzvédelmi, biztonságtechnikai területek elvárásait, követelményeit, a környezetvédelem vonatkozó előírásait. Ismeri a műszaki földtudományi szakterülethez szervesen kapcsolódó menedzsment, környezetvédelmi, minőségbiztosítási, információtechnológiai, jogi, közgazdasági, szociológiai szakterületek alapjait, azok határait és követelményeit. Ismeri a szakterület tanulási, ismeretszerzési, adatgyűjtési módszereit, azok etikai korlátait és problémamegoldó technikáit.

**képesség:**

Képes a műszaki földtudományi szakterület legfontosabb műszaki elméleteit, módszertani ismereteit az adott specializációhoz tartozó szakmai feladatok végrehajtásakor alkalmazni. Képes rendszerbe foglalva értelmezni a földtudományi szakterülethez kapcsolódóan megszerzett természettudományi elveket, összefüggéseket, ismeretanyagot. Képes a műszaki földtudományi szakterület adott specializációjának alapvető tervezési elveit, eljárásait rutinszerűen alkalmazni. Képes rutinszerű térinformatikai feladatok megoldására, geoinformatikai adatok rendszerbe illesztésére és kezelésére. Képes a műszaki földtudományi szakterület adott specializációjához köthető rutinfeladatok megoldási módját felismerni, valamint megtervezni a probléma megoldhatóságát a rendelkezésre álló eszközökkel.

**attitűd:**

Törekszik a műszaki földtudományi szakterületen alkalmazott legjobb gyakorlatok, új szakmai ismeretek, módszerek megismerésére. Törekszik kreatív megoldások megtalálására feladatának megoldása során. Betartja a munkavégzés és munkavállalás jogi szabályrendszerét, törekszik annak időszerű ismeretére.

**felelősség:**

Önálló véleménnyel rendelkezik a földtudományi szakterület adott specializációját érintő szakmai kérdésekről. Felelősséget vállal a szakvéleményében közölt megállapításokért és szakmai döntéseiért, az általa, illetve irányítása alatt végzett munkafolyamatokért. Képesítésének megfelelően képes az önálló munkavégzésre, és beosztottak irányítására.

**Tantárgy tematikus leírása:**

1-2. hét: Gáztörvények, állapotegyenletek és alkalmazásaik. 3-4. hét: Földgázelegyek fázisviselkedése, gőz-folyadék egyensúlyának számítása. 5. hét: Földgázhidrátok. 6-7. hét: A szeparálás alapelvei, szeparátortípusok, méretezésük. 8-9. hét: Abszorpciós gázzárító, gázelőkészítő technológia. 10. hét: Adszorpciós technológia. 11. hét: Hidegszeparációs technológia. 12-13. hét: A feldolgozás módszerei és berendezései. 14. hét: LNG.

**Félévközi számonkérés módja:**

Az órák rendszeres látogatása. Maximum 3 igazolt hiányzás a félév során. A félév során 2 egyéni feladat készítése. Minden feladatot előre megadott határidőre és minimum 2 (elégséges) érdemjegyre kell elkészíteni! Ha a két egyéni feladatra kapott érdemjegyek átlaga eléri a 4 (jó) minősítést, megajánlott jegy kapható.

**Értékelése:**

> 90%: jeles;

89 – 80%: jó;

79 – 70%: közepes;

69 – 60%: elégséges;

< 60%: elégtelen

**Kötelező és javasolt irodalom jegyzéke:**

AlirezaBahadori: NaturalGasProcessing, Elsevier, 2014, ISBN: 9780080999715

International PetroleumEncyclopedia, PenwellPulication, 1983.

Peebles, M.: NaturalGas Fundamentals, Shell International Gas Ltd., 1992.

SaeidMokhatab William Poe John Mak: Handbook of NaturalGasTransmission and Processing, Elsevier, 2015, ISBN: 9780128014998

Tóth A.: NaturalGasProcessing and Treatment (Oktatási segédlet)

Vida M.: Gáztechnikai kézikönyv, Műszaki Könyvkiadó, 1991.

**FÉLÉVES ÜTEMTERV**

Dátum	Hét	Téma
2026.02.20 08:00-12:00 online	1.	A földgáz hasznosításának kezdetei, földgáz alapok, eredet, összetétel. Gáztörvények, állapotegyenletek és alkalmazásaik. Földgázelegyek fázisviselkedése, gőz-folyadék egyensúlyának számítása, Termodinamika alapjai, a termodinamika két főtétele
2026.02.20. 12:00-16:00 online	2.	Adszorpciós technológia. A szeparálás alapelvei, szeparátortípusok, méretezésük
2025.03.21. 08:00-12:00 online	3.	Aminos gázelőkészítés. Földgázhidrátok Hidegszeparációs technológia A feldolgozás módszerei és berendezései. Gázok szagosítása
Egyeztetett időpontban	4.	Zárthelyi dolgozat

# MINTA ZÁRTHELYI FELADAT

**Miskolci Egyetem**  
**Gázmérnöki Intézeti Tanszék**  
3515 Miskolc – Egyetemváros  
Tel.: +36 46 565 078  
E-mail: [marionna.vadaszi@uni-miskolc.hu](mailto:marionna.vadaszi@uni-miskolc.hu)  
Web: [www.bei.uni-miskolc.hu](http://www.bei.uni-miskolc.hu)

0-59 % (elégtelen)  
60-69 % (elégséges)  
70-79 % (közepes)  
80-89 % (jó)  
90-100 % (jeles)

NÉV:.....

## ZÁRTHELYI FELADAT

*A gázelőkészítés tantárgyból*

6

1. Milyen földgázforrásokat ismer?
2. Sorolja fel a rezervoár legfontosabb jellemzőit!
3. Ismertesse a Termodinamika II. főtétele!
4. Mi a földgáz-előkészítés feladata?
5. Sorolja fel a gázszállítás során képződő gázhidrátok kialakulásának elsődleges kiváltó okait!
6. Ismertesse a permeabilitás fogalmát!
7. Ismertesse a hidegszeparációs földgáz-előkészítési eljárás alapját!
8. Mi a földgázkezelés lényege?
9. Sorolja fel a glikolos szárítás technológiai folyamatának elemeit!
10. Mit jelent a gázok szagosítása és milyen követelmények vannak a szagosító-anyagokkal szemben?

# MINTA ZÁRTHELYI FELADAT MEGOLDÁS

## 1. Milyen földgázforrásokat ismer?

Szabad földgáz, hagyományos gáz mezők,

Olaj kísérőgáz, hagyományos olajmezőkben előforduló gáz,

Nem hagyományos gáz, (unconventional gas):

- a. pala gáz (tight gas),
- b. homok gáz (tight sand gas), előfordulásuk alacsony permeabilitású kőzetekben.
- c. A nem hagyományos gáztípusok közé soroljuk a szénhez kötött metánt (coalbed methane, CBM), ami több geológiai kort átívelő szénülési folyamat során a szénmátrixba zárt formában található meg. A nem hagyományos gázforrások közül a gázzállítási ágazat számára a legfontosabb.
- d. földgáz túlnyomásos (geopressured) víztartó rétegekből, amely a nagy nyomású és magas hőmérsékletű, a föld felszínén mélyen fekvő sóoldatokban oldott gázra vonatkozik;
- e. gázhidrátok vagy klatrát-hidrátok, fizikailag a jéghez hasonló kristályos szerkezetű vízalapú szilárd anyagok. A fagyasztott vízmolekulákban (gazdamolekula) a gázok (vendégmolekula) zárványként fordulnak elő.
- f. metán-hidrát alacsony hőmérsékleten keletkezik a tenger mélyén, 1000-1500 méteres vízmélységben, a felette lévő tengervíz nyomásának hatására, 5 °C hőmérsékleten.
- g. mély gáz, „deep gas”, ezek a gázok sokkal mélyebben fordulnak elő, mint a hagyományos földgáztelepek. 4500 m, vagy annál mélyebben. Bár nincs tudományos konszenzus, néhányan úgy vélik, hogy a mélygáz szervesetlen forrásokból származik, és hogy mindenhol létezik a földet képező geológiai folyamatok eredményeként.

## 2. Sorolja fel a rezervoár legfontosabb jellemzőit!

- a. Szemcseméret eloszlás
- b. Porozitás
- c. Permeabilitás
- d. Kapilláris tulajdonságok
- e. Fajlagos felület
- f. A kőzet kompresszibilitása

### 3. Ismertesse a Termodinamika II. főtételét

A termodinamika második főtételének matematikai megfogalmazása a

$$dS = \frac{dU + p dV}{T} = \frac{dQ_{rev}}{T}$$

szerint definiált állapotjelzővel, az entrópiával lehetséges. Nevezetesen: adiabatikus rendszerben

$$dS \geq 0,$$

diatermikus, tehát egymással termikus kapcsolatban álló (egymással hőcserét végző) rendszerekben

$$\sum_i dS_i \geq 0,$$

ahol az összegzést minden, a termikus kapcsolatban részt vevő rendszerre (részrendszerre) ki kell terjeszteni.

### 4. Mi a földgáz-előkészítés feladata?

A földgáz-előkészítés feladata a víz- és szénhidrogén-harmatpont egyidejű beállítása legalább 0...-5 °C értékig. Némely esetben gazdaságos lehet a nehezebb összetevők nagyobb mértékű leválasztása a termelési helyen, amely a szénhidrogén-harmatpont kisebb hőmérsékletre csökkenését is eredményezheti.

### 5. Sorolja fel a gázzállítás során képződő gázhidrátok kialakulásának elsődleges kiváltó okait

A gázhidrát szilárd formában képződhet bizonyos nyomások és hőmérsékletek mellett minden olyan földgázból, amelyben elegendő víz van jelen.

- vízmennyiség – kis hőmérséklet – nagy nyomás
- a gáz relatív nedvességtartalmának 100%-nak kell lennie, vagy másképpen fogalmazva a gáz vízgőzharmatpontján, vagy az alatti hőmérsékleten kell hogy legyen, szabadvíz jelenléte mellett.
- az adott gázösszetétel és gáznyomás esetén a gáz hőmérsékletének kisebbnek kell lennie a hidrátépződés határhőmérsékleténél. Ez a hőmérséklet a hidrátpont, ami a gázösszetétel és a nyomás függvénye.

### 6. Ismertesse a permeabilitás fogalmát!

A permeabilitás a kőzetnek az a tulajdonsága, hogy (gáz és folyadék) nyomáskülönbség hatására közeget ereszt át. Lineáris módon átáramló közeg mennyiségét a Darcy-törvény határozza meg

**7. Ismertesse a hidegszeparációs földgáz-előkészítési eljárás alapját!**

Az eljárás alapja, hogy hűtés hatására, a bekövetkező termodinamikai egyensúlynak megfelelő mértékig a vízgőz és a szénhidrogén összetevők egy része kondenzálódik, s egyszerű fizikai, mechanikai módszerekkel, szeparálással a gázból leválaszthatók.

**8. Mi a földgázkezelés lényege?**

A földgáz kezelése azoknak a technológiai eljárásoknak az összessége, amelyek során fizikai változásokat idézünk elő, hogy a termelt földgáz, vagy annak valamelyik komponense meghatározott műszaki feltételek között a biztonságos elszállításra, tárolásra és további felhasználásra rendelkezésre álljon.

**9. Sorolja fel a glikolos szárítás technológiai folyamatának elemeit!**

- a. Kondenzátum - Szeparátor
- b. Abszorpciós szárítótorony
- c. Kigázosító edény
- d. Cirkulációs szivattyú
- e. Glikolregeneráló, tároló és utóhűtő

**10. Mit jelent a gázok szagosítása, milyen követelmények vannak a szagosító-anyagokkal szemben és milyen anyaggal végzik a szagosítást?**

A nagy hatékonyságú tisztítási eljárásokkal előállított gáznak, valamint a földgáznak nincsen jellegzetes szaga. Így a hálózatba kerülő gázokat szivárgás esetén nem lehetne időben észrevenni és veszélyt jelentenének a fogyasztók számára. Ezt a gázok szagosításával/odorálásával kerülik el.

A szagosítóanyagokkal szemben támasztott követelmények:

- kis koncentrációban is érzékelhető legyen,
- fagyás- és forráspontja kicsi legyen,
- ne korrodáljon, és kémiaailag ne kötődjék,
- az alkalmazott mennyiségben ne legyen mérgező,
- a szagosított gázzal együtt égjen el.

A szagosító-anyagok általában merkaptánok és egyéb szerves kénvegyületek, vagy azok keverékei.

# VIZSGA FELKÉSZÜLÉSI TÉMAKÖRÖK

## Témakörök A gázelőkészítés c. tárgy zárthelyi dolgozataihoz és vizsgájához

a Műszaki földtudományi alapszakos, Olaj- és gáz specializációs hallgatók részére

A kőolaj és földgáz szénhidrogén-molekulákból épül fel. Uralkodóan tehát szénből és hidrogénből áll, a földgáz fő összetevője a metán. Egyéb összetevői etán, propán, bután, paraffin. (Mokhatab et al. ) A földgáz összetételét illetően említést kell tenni inerttartalmáról ( $N_2$ ,  $CO_2$ ), ami néhány százalék minden földgáz estében. Nagyobb inert-tartalmú földgáz (esetenként kb. 50%-ot is elérhet) felhasználása már különleges tüzeléstechnikai megoldást igényel. Kis mennyiségű argon, hidrogén és hélium is jelen lehet, nyomokban egyéb elemek, például vanádium és nikkel is megtalálhatók benne. (<http://fold1.ftt.uni-miskolc.hu/~foldshe/telep07.htm>)

A természetes szénhidrogén-molekulák típusai:

- Telített szénhidrogének (a szénatomok egy kovalens kötéssel kapcsolódnak)
  - paraffinok (alkánok):  $C_nH_{2n+2}$
  - naftének (cikloalkánok):  $C_nH_{2n}$
- Aromás szénhidrogének (aromás gyűrűket és láncokat tartalmaznak):  $C_6H_6$  (benzol gyűrű)
- Gyanták és aszfaltének (benzol gyűrűk kapcsolódása; a C atomokat egyes helyeken N, S, O helyettesíti)

A földgáz csak paraffinokat tartalmaz, és csak olyanokat, amelyekben a szénatomszám kisebb, mint 5. A földgázt felépítő vegyületek tehát a metán, etán, propán és bután. A tisztán metánból álló földgázt *száraz* gáznak nevezzük, a 2-4 szénatomszámú paraffinokat is tartalmazó gázt *nedves* gáznak. A kőolaj 5-14 szénatomszámú paraffinokból és egyéb szénhidrogén-molekulákból áll. Ha a paraffinok szénatomszáma meghaladja a 14-et, a kőolaj aszfaltszerű, majdnem szilárd anyaggá válik.

A földgáz szennyezőanyagai közül a kéntartalom okozza a legtöbb gondot. A kén legtöbbször kénhidrogén-, ill. merkaptán-vegyületek formájában van jelen. A nagyobb kéntartalmú földgázféleségeket még a távvezetékekbe táplálást megelőzően kéntelenítik, hogy a gázszállítás üzemében ne okozzon zavarokat. Ez meglehetősen nagy investícióval megvalósítható berendezéseket igényel,

ugyanakkor azonban adott esetben biztosíthatja a kénipar nyersanyag szükségletét is. A földgáz szennyezései közé soroljuk a nedvesség- (víz) tartalmat, amelynek eltávolítását ugyancsak a távvezetékbe táplálás előtt kell elvégezni, egyébként súlyos üzemzavarokhoz vezető hidrát képződési folyamatok mehetnek végbe.

A földgáz kis mennyiségű  $C_5^+$  szénhidrogéneket is tartalmazhat, ez a szeparálás utáni könnyűbenzin frakció. Bizonyos aromás vegyületek, például benzol, toluol és xilolok is jelen lehetnek, ami toxicitásuk miatt biztonsági kérdéseket vet fel. Kis mennyiségben lehetnek jelen savas szennyeződések, mint például merkaptánok R-SH, karbonil-szulfid (COS) és szén-diszulfid ( $CS_2$ ).

A higany is jelen lehet fém formájában gőzfázisban vagy szerves fémvegyületként folyékony frakcióban. A koncentrációszt általában nagyon kicsi, de még nagyon kis koncentrációban a higany káros hatású toxicitása és korrozív tulajdonságai miatt (reakció alumíniumötvözetekkel). (Mokhatab et al. )

A földgáz összetétele a képződéstől, a tároló kőzettől, mezőtől függően mindig változik. Mivel a földgáz összetétele soha nem állandó, léteznek olyan szabványos vizsgálati módszerek, amelyekkel meghatározható és előkészíthető a földgáz összetétele. A földgázcsaládba tartozó gázféleségeket másik nézőpont szerint feloszthatjuk száraz és nedves földgázra, attól függően, hogy metán mellett a magasabb szénhidrogén homológok milyen mennyiségben fordulnak elő. A kőolaj-kísérőgázok általában kivétel nélkül nedves gázok, amelyek a szállítást és felhasználást megelőzően előkészítő műveleteket igényelnek (gazolin- ill. pébé-mentesítés).

A száraz gázok nem, vagy csak nagyon csekély mennyiségben tartalmaznak folyékony összetevőket, elsősorban metánból állnak. A nedves gázok ezzel szemben tartalmazhatnak nagyobb szénatom-számú szénhidrogéneket, mint például etánt, propánt és bután, sőt cseppfolyós vagy kondenzálható szénhidrogént ( $C_{2+}$  tartalmuk 10 V/V%-nál magasabb) is. A nedves illetve száraz földgázokra a 2. táblázatban olvasható a jellemző átlagos összetétel. A táblázatban leírtak csak a komponensek egymáshoz viszonyított arányáról ad információt.

## 1. Szabad földgáz

A szabad gáz („gas well gas”) olyan geológiai képződményekből készül, amelyek jellemzően nem tartalmaznak nagyobb, ha van, magasabb forráspontú szénhidrogént (gáz-folyadék), mint a metán. A gáz közvetlenül a

termelő által irányítható; a gáz a saját energiája által, a kútfej vezérlő szelepeken és az áramlási út mentén az előkészítő üzembe áramlik. A kezelés megköveteli, hogy a gáz hőmérsékletét a csővezetékben lévő nyomástól függő pontra lehessen csökkenteni úgy, hogy az összes folyadék, amely a csővezeték hőmérsékletén és a nyomáson kondenzálódjon és eltávolodjon.

## 2. Kísérő gáz

A kísérőgáz a kőolajtermelés kísérőgázát jelenti, az olaj termelésével együtt a gáz is a felszínre kerül. Megfelelően megtervezett olajkút kiképzés és jó rezervoár management szükséges ahhoz, hogy a kísérő gáz termelési mennyiségét minimálisra csökkentsék, megtartva ezzel az olajtelep maximális energiáját, növelve ezáltal a végső nyersolaj kihozatalát. Olajmezőkben nem oldott vagy kis mennyiségű kísérőgáz jelenléte ritka. A termelvény felszínre hozatalát követően rendszerint még a kőolajmezőn a kőolajat stabilizálják, elválasztják a szénhidrogén folyadékáramot (nyersolaj vagy gázkondenzátum), a nagyobb mennyiségű víztől (rétegvíz vagy sósvíz) és a gázhalmazállapotú szénhidrogéntől. A gázáram hagyományosan nagyon gazdag (gazdag gáz) földgáz folyadékokban (NGL). A cseppfolyós földgáz etánt, a propánt, butánokat és a pentánokat valamint nagyobb molekulatömegű szénhidrogéneket ( $C_6^+$ ) tartalmaz. A nagyobb molekulatömegű szénhidrogéneket általában gazolinnak, földgázbenzinnek nevezik. A földgázáramban lévő földgáz folyadékokra való hivatkozáskor a gallon / ezer köbláb a szénhidrogén-gazdagság mértékegysége. A nehéz komponensek. A nehéz komponensek tartalmától függően a földgáz gazdagnak tekinthető (5 vagy 6 gallon vagy ennél több hasznosítható szénhidrogén egy köblábonként) vagy sovány (kevesebb, mint 1 gallon kinyerhető szénhidrogén köblábonként). A gázfeldolgozó iparban használt gazdag gáz és sovány gáz kifejezések azonban nem pontos gázminőségi mutatók, hanem csak a cseppfolyós földgáz relatív mennyiségét jelzik a gázáramban.

Világszerte a kormányok arra kötelezik a termelőket, hogy állítsák le a kísérőgázok elfáklyázását, elégetését, mivel polgáraik úgy vélik, hogy ez a nem megújuló energiaforrás egyfajta pazarlása.

## 3. Coalbed Methane

A coalbed methane (CBM, szénhez kötött metán) általános kifejezése a széntelepekben elhelyezkedő nem konvencionális földgáz fogalmának. Kitermelése a vízszint csökkentésével, ezáltal a nyomás lecsökkentésével felszínről indított függőleges vagy vízszintes kutakkal történik. A CBM több

geológiai korszakot átívelő szénülési folyamat során keletkezett, melynek során az eltemetett és egyre mélyebbre kerülő szerves anyag az üledékréteg növekvő vastagságának hatására emelkedő nyomás és hőmérséklet hatására szénné alakul. Ezt termogén szénhez kötött metánnak nevezik. Egy másik változat szerint, gyakrabban (de nem korlátozva) az alacsonyabb szénültségi fokú és termikusan éretlen szénben, a közelmúltbeli bakteriális folyamatok (beleértve a természetben előforduló baktériumokat, csapadékvíz utánpótlódással társulva) dominálhatnak a CBM képződésében. Ezt késői stádiumú biogén szénhez kötött metánnak nevezik.

A szénülés folyamata során egy sor kémiai reakció játszódik le, ami jelentős mennyiségű gáz keletkezéséhez vezet. Míg nagyobb mennyisége ennek a gáznak a fedő és fekvő rétegekbe migrál, addig nagy mennyiség marad a szén rétegekben. Azonban a hagyományos földgáztároló rendszerekben, ahol a gáz pórusokban vagy a kőzet üres helyein csapdázódik, mint például homokkő esetén, a szénben a metán a szemcsék felületén vagy a mikropórusokban formálódott és kötődött meg, melyet a tároló nyomása (víz) tartotta a helyén. Ezért, mivel a mikropórusok felülete kiterjedt, a szén potenciálisan számottevően nagyobb mennyiségű, akár hat vagy hétszer annyi metánt tud tárolni egységre vonatkoztatva mint a homokkő tároló rendszerek.

A szénben tárolt metán mennyisége szorosan kapcsolódik a szénültségi fokhoz és a mélységhez; minél érettebb a szén és minél mélyebben van a szénréteg eltemetődve, annál nagyobb mennyiségű gáz termelhető ki. A szénnek nagy aktív belső felülete révén, ami nagyjából 500 négyzetméter nagyságú egy grammra vonatkoztatva, magyarázható a csapdázódott metán mértéke.

A szénből származó metán általában tiszta és kevés vagy semmilyen előkészítést nem igényel, mert kizárólag metánból áll és nem tartalmaz nagyobb szénatomszámú szénhidrogéneket, úgy, mint etán, melynek előfordulása gyakori a hagyományos földgáz összetételében. A CBM valamivel magasabb energiaértékkel rendelkezik, mint néhány földgáz.

### **A rezervoár (tárolókőzet) fontosabb jellemzői**

A tárolókőzet jellemzéséhez ismerni kell a kőzet szemcseméret-eloszlását, porozitását, permeabilitását, kapilláris tulajdonságait, fajlagos felületét, mechanikai tulajdonságait és telítettségi viszonyait. Mindezen tényezők határozzák meg az adott szénhidrogén bányászati lehetőségét.

Szemcseméret eloszlás: A tárolókőzet különböző átmérőjű kőzetrészecskékből áll. A kőzetszemcsék átmérője, az átlagos átmérőtől való eltérése meghatározza a kőzet porozitását, permeabilitását, fajlagos felületét stb. A kőzetszemcsék eloszlására a 60 és 10 súlyszázalékhoz tartozó átmérőviszony

jellemző. Porozitás. A porozitás a pórusok összmenyiségének (hézagtérfogatának) a teljes kőzettérfogathoz viszonyított aránya. Százalékban adják meg. A tárolókőzetek porozitása 5-30% között változik.

Porozitás: A kőzet porozitása teszi lehetővé azt, hogy ipari mennyiségű szénhidrogént tartalmazhasson. Ha a kőzetszemcsék azonos méretű gömbökből állnak, akkor azok kocka-, ill. romboéder formában helyezkednek el, felvéve a leglazább és legszorosabb illeszkedési formát.

Leglazább illeszkedési forma esetén a rendelkezésre álló térnek 0,48-ad része, ill. a legszorosabb illeszkedésnél 0,26-od része nincs kitöltve a kőzet anyagával. Az mondjuk, hogy a kőzet porozitása 0,48 ill. 0,26. A kőzet porozitása a kőzettérfogatban levő üregek térfogatának és az ösztérfogatának a hányadosa. Sok esetben az üregek kötő- vagy cementező anyaggal vannak kitöltve és így a porozitás még kisebb. Gyakori, hogy a kőzetet törések érik és ekkor az elsődleges ún., mátrix porozitás mellett repedés porozitásról is kell beszélni. Ebben az esetben az áramlás alapvetően a repedésekben történik, míg a mátrix tartalmazza a jelentősebb mennyiségű szénhidrogént. Ebben az esetben a repedés + mátrix porozitás összege adja a kőzet porozitást. Ha a törések mellett oldási hézagok is találhatóak, akkor kavernás kőzetekről beszélünk.

Megkülönböztetjük az abszolút és az effektív porozitást. Az abszolút porozitásnál az összes üregtérfogatot, míg az effektív porozitásnál csak a kapcsolatban levő üregtérfogatot viszonyítjuk a kőzettérfogathoz. Az effektív porozitás határozza meg a szénhidrogénkészleteket.

**Permeabilitás:** A permeabilitás a kőzetnek az a tulajdonsága, hogy (gáz és folyadék) nyomáskülönbség hatására közeget ereszt át. Lineáris módon átáramló közeg mennyiségét a Darcy-törvény határozza meg:

$$V = k_K A \frac{\Delta p}{\eta \Delta l}$$

A kőzeten átáramló közeg mennyisége egyenesen arányos az áramlás irányára merőleges felülettel, a nyomásgradienssel ( $\frac{\Delta p}{\Delta l}$ , az áramlóközeg dinamikai viszkozitátának reciprokával és a kőzet permeabilitásával ( $k_K$ ).

Ha a kőzettelület  $A = 1 \text{ m}^2$  1 m távolságon ( $\Delta l$ ), a nyomáskülönbség  $\Delta p = 1 \text{ Pa}$ , a közeg viszkozitása  $1 \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$  és az átáramlott közeg mennyisége  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ , akkor az átteresztőképesség  $k_K = 1 \text{ m}^2$ . Ez a gyakorlati életben igen nagy, helyette a  $10^{-12}$ -szeresét, a  $\mu\text{m}^2$ -t használják.

A Darcy-törvény elméleti alapján akár a  $K$  vízvezetési tényező, akár a  $k$  permeabilitás kísérletileg meghatározható. A permeaméterben akár időben állandó, akár időben változó folyadékmozgás esetén vizsgálhatjuk a kis  $D$

átmérőjű, L hosszúságú hengeres magmintát. Az ún. állandó esésű permeaméter használatos legtöbbször a permeabilitás mérésére. A kőzetmintát két porózus lap közé helyezik s egy állandó  $\Delta h$  hidraulikus eséskülönbség hozza létre a Q térfogatáramot. Összenyomhatatlan közeg esetén mind a K vízvezetési tényező, mind a permeabilitás meghatározható a

$$K = \frac{4Q \cdot L}{D^2 \pi \Delta h}$$

illetve a

$$k = \frac{4QL\mu}{D^2 \pi \rho g \Delta h}$$

formulákkal. Természetesen megbízható eredményekhez több mérést kell végeznünk különböző esések és térfogatáramok mellett.

A vízvezető-képesség és a permeabilitás mértékegységeként különböző egységek terjedtek el. A vízvezető-képesség SI-egysége m/s. A hidrológusok jobban kedvelik a m/nap mértékegységet. A permeabilitás SI-egysége a  $m^2$ . Ez nagyon nagy érték, a rezervoármechanikusok legtöbbször a darcy-t használják, amelyet az

$$1 \text{ darcy} = \frac{1 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}} \cdot 1 \text{ cm} \cdot 1 \text{ centipoise}}{1 \text{ cm}^2 \cdot 1 \text{ bar}}$$

vagyis a porózus közeg permeabilitása 1 darcy, ha az 1 cp viszkozitású folyadék teljesen kitöltve a pórusjáratokat, 1  $\text{cm}^2$  keresztmetszeten 1 cm hosszúságú úton 1 bar nyomáskülönbség hatására 1  $\text{cm}^3/\text{s}$  térfogatáramot bocsát át. Sok esetben még a darcy is nagy egység, ezredrészét a millidarcyt használják. Összehasonlítva a permeabilitás egységeket azt kapjuk, hogy

$$1 \text{ m}^2 = 10^{12} \text{ darcy} = 10^{15} \text{ millidarcy.}$$

(Bobok, Geotermikus rendszerek, 2014.)

Ha a permeabilitást egy olyan módon mérik, amelyet előzően folyadékkal telítettek, pl. vízzel, és pl. gázzal határozzák meg a permeabilitást különböző folyadéktelítettségek mellett, akkor a gázra vonatkozóan a permeabilitás csökken, ahhoz képest, ha a pórusok csak gázzal lennének telítettek. Adott telítettség értékeknél meghatározott permeabilitást nevezik effektív permeabilitásnak. Az effektív és abszolút permeabilitás (a telítettség értéke egységnyi) hányadosát pedig relatív permeabilitásnak.

**A kapilláristulajdonságok:** A kőzetszemcsék átmérője általában 1 és 0,01 mm között változik. Ha ezek a kőzetszemcsék póruscsatornákat alkotnak (átmérő 0,5 ... 0,0002 mm), amelyben felhalmozódott a kőolaj és a földgáz, akkor ezekben a csatornában a kapilláriserő is működik. A vízzel telített kőzetben a földgáznak a kapilláriserővel szemben többlet nyomásenergia szükséges. Ha víz szorítja ki a földgázt, akkor a kapilláriserő segíti a kiszorítást (kapilláris felszívódás). Adott telítettségénél, annál nagyobb a kapillárisnyomás, minél kisebb a kőzet permeabilitása.

**Fajlagos felület:** Fajlagos felületnek nevezzük  $1 \text{ m}^3$  kőzettérfogatban levő póruscsatornák felületét. A fajlagos felület, porozitás, permeabilitás közötti összefüggést a Kozeny-Kármán egyenlet írja le.

**A kőzet kompresszibilitása:** A termelés (leművelés) során a rétegnyomás csökken, ugyanakkor a telep feletti rétegek súlyából adódó nyomás változatlan. A pórusnyomás-csökkenés végül is azt eredményezi, hogy a kőzetváz kitágul, ill. a pórusok összenyomódnak és a gáz kiszorul a pórusokból. Ez a termelés szempontjából előnyös.

$$C = \frac{1 - \phi}{\phi} C_K$$

A  $C_K$  értéke  $1 \dots 2 \cdot 10^{-5} \text{ 1/bar}$ , míg a víz kompresszibilitása ( $C_w$ )  $5 \cdot 10^{-5} \text{ 1/bar}$  nagyságrendű.

### A termodinamika alapjai

Bármely anyagi rendszer pillanatnyi állapotát megfelelő állapotjelzők, más néven paraméterek segítségével fejezhetjük ki. A termodinamikában alapvető állapotjelzők a hőmérséklet, nyomás, térfogat, ill. több alkotórészből álló rendszerek esetében az egyes alkotórészek koncentrációja. Az állapotjelzők egymással meghatározott korrelációban vannak. Azt az egyenletet, ami ezt, az állapotjelzők között fennálló összefüggést kifejezi, azaz meghatározza az adott anyag állapotát, állapotegyenletnek nevezzük. Tiszta, kémiaileg egységes anyag állapotegyenletének legáltalánosabb alakja az

$$f(x, y, z) = 0 \quad (1)$$

kifejezés, ahol  $x$ ,  $y$  és  $z$  a megfelelő állapotjelzőket jelentik. Az állapotegyenlet explicit alakja nem csak az állapotjelzőktől függ, hanem minden egyes halmazállapotra más és más lesz. Ha a figyelembe vett rendszer, vagy test változást szenved, azaz bizonyos folyamat játszódik le benne, akkor az állapotjelzők úgy változnak meg, hogy a változatban levő teste, vagy rendszerre nézve minden időpillanatban a (1) összefüggés érvényben marad.

Ha a test vagy anyagi rendszer állapota úgy változik meg, hogy a folyamat végén az eredeti állapot újból beáll, körfolyamattal van dolgunk.

Mind a közönséges, mind pedig a körfolyamat végbe mehet reverzibilis, (megfordítható), vagy irreverzibilis (meg nem fordítható) módon. Előbbi azt jelenti, hogy a folyamat végtelen lassan, csupa egyensúlyi állapotokon keresztül zajlik le oly módon, hogy bármely pillanatban ellenkező irányban is végbemehet anélkül, hogy a környezetben maradandó változás történne. Ez természetesen azt jelenti, hogy a reverzibilis folyamatok ideális folyamatok, amelyek teljesen nem valósíthatók meg. Az irreverzibilis folyamatok ezzel szemben a természetben lejátszódó valóságos folyamatok. végtelen lassan, csupa egyensúlyi állapotokon keresztül

Ha tehát a változást szenvedő test vagy rendszer és a környezet között az állapotjelzők értékének a különbsége végtelen kicsi, a folyamat végtelen lassan fog végbemenni. Az ilyen folyamatokat egyensúlyi folyamatoknak nevezzük. A reverzibilis folyamat tehát egyensúlyi, csupa egyensúlyi állapotokon keresztül menő ideális folyamat. Bár a reverzibilis folyamatok a természetben tökéletesen nem valósíthatók meg, de elvileg az ilyen folyamatok szolgáltatják a maximális munkát, mint a későbbiekben látni fogjuk.

Lehetséges olyan folyamat is, ahol a rendszer és a környezete között semmiféle hőcserélődés nincs. Az ilyen folyamatokat a termodinamikában **adiabatikus folyamatoknak** nevezzük.

Az állapotjelzők fogalmán kívül meg kell ismerkedünk az állapotfüggvény fogalmával is. Állapotfüggvénynek nevezzük a termodinamikában mindazokat a függvényeket, amelyek értékének változása független az úttól, amelyen a rendszer a kiindulási állapotból a végállapotba jutott. Az állapotfüggvények az alap állapotjelzőktől függenek és megváltozásuk totális differenciál. Miután az állapotfüggvények megváltozása csak a kezdeti és végállapottól függ, körfolyamatok esetén az állapotfüggvények megváltozása zérus. A következőkben bemutatásra kerülnek a termodinamika alaptételei. (Berecz, Fizikai kémia

### **Termodinamikai alapfogalmak**

Gázokban, folyadékokban és szilárd testekben a részecskék egyaránt szüntelen termikus mozgásban vannak, tehát valamely makroszkopikusan nyugalomban levő tömegben belül a részecskék mozgásának mikrokinematikai, valamint az egymás erőterében elfoglalt pillanatnyi helyzetükből adódó mikropotenciális energiából tevődik össze az anyag e sajátos mozgásformája által hordozott energia, amit belső energiának neveznek. A belső (vagy

termikus) energia értéke elsősorban a hőmérséklettől függ, de szerepe van a termodinamikai állapotot meghatározó más jellemzőknek is.

A hőtan pillérei tapasztalati alapokon nyugvó axiómák; a termodinamika főtételei.

Az **első főtétel** kimondja, hogy a belső (termikus) energia változásával járó energiaátalakulásokra is érvényes az energiamegmaradás törvénye.

A **második főtételnek** több megfogalmazása is van. Pl.:

- Minden valóságos folyamat irreverzibilis.
- A belső energiának csak egy része alakítható át más energiaformákba.
- Hőáram csak a csökkenő hőmérsékletek irányában jön létre.

Az energiamegmaradás tétele (I. főtétel) szerint lehetséges energiaátalakulások közül csak azok jönnek létre a valóságban, amelyek a II. főtételnek is megfelelnek.

A termodinamikai rendszer véges mennyiségű anyag, amelyet az anyag számára áthatolhatatlan felület vesz körül. A rendszer térfogata változhat. A rendszer általában kölcsönhatásban van környezetével, és ennek során energiaáramok lépnek a rendszerből a környezetbe vagy fordítva. Munka- és hőkölcsonhatást szokás megkülönböztetni.

A munka lehet mechanikai (erőelmozdulás, nyomatékelfordulás), villamos, mágneses, stb. A hőkölcsonhatás, a pusztán a hőmérséklet-különbség hatására fellépő energiaáramlás.

*Adiabatikus* a rendszer, ha a hőkölcsonhatást tökéletes szigeteléssel kizárják. Az egyensúlyban levő termodinamikai rendszer állapotát, a számszerűsíthető makroszkopikus jellemzők alkalmasan választott együttesével lehet leírni, azonosítani. Erre azok a fizikai mennyiségek alkalmasak, amelyeknek értéke nem függ a rendszer korábbi állapotától, csak pillanatnyi viszonyaitól. Ezek a termodinamikai állapotjelzők, például: térfogat  $V$ , a tömeg  $m$ , a nyomás  $p$ , a hőmérséklet  $T$ , a belső energia  $U$ , az entalpia  $I$ , az entrópia  $S$ .

A rendszer és környezete közötti kölcsönhatásokat az intenzív jellemzőkben fennálló különbségek, azok kiegyenlítődére törekvése hozza létre. Az intenzív jellemzők kiegyenlítődése az extenzív jellemzőknek a rendszer és környezete közötti áramlása kíséretében, ennek révén jön létre.

Az állapotegyenletekben általában az extenzív állapotjelzők tömegre vonatkoztatott fajlagos értékeit szerepeltetik. Úgy mint,  $v$  fajtérfogat, ill.  $\rho$  sűrűség,  $u$  (kJ/kg) fajlagos belső energia,  $i$  (kJ/kg) fajlagos entalpia,  $s$  [kJ/(kg.K)] fajlagos entrópia. (GTK, 1984.)

### A termodinamika két főtétele

Valamely termodinamikai rendszer belső energiáját ( $U$ ) munka- és hőkölcsonhatás útján lehet megváltoztatni. Ezekre a kölcsönhatásokra is érvényes az általános energiamegmaradás tétele, tehát

$$dU = dQ - dW. \quad (2)$$

Az **első főtétele** (2) szerint felírása azt a műszaki szemléletet tükröző előjel-megállapodást tartalmazza, hogy a rendszeren a külső erők által végzett munka negatív, és a rendszer által a külső erőkkel szemben végzett munka pozitív. Ugyanakkor a közölt hő pozitív, az elvont pedig negatív.

Az  $U$  belső energia állapotjelző, tehát potenciál jellegű mennyiség. Az  $u$  fajlagos (tömegegységre számított) belső energia függvény egykomponensű egyfázisú rendszerben, két másik állapotjelző függvényében meghatározható. Ezek célszerűen a  $T$  hőmérséklet és a  $v$  fajtérfogat, tehát

$$u = u(T, v). \quad (3)$$

A (2) egyenletben ennek az  $u$  függvénynek a megváltozása szerepel.

Ezzel szemben  $dQ$  és  $dW$  csupán differenciális nagyságú mennyiségek, de nem egy függvény differenciáljai. Ugyanis  $Q$  és  $W$  egyaránt csak egy-egy folyamat kapcsán értelmezhető. A közeg állapotához nem rendelhető hozzá  $Q$ - vagy  $W$ -érték.

A termodinamika **második főtétele**nek matematikai megfogalmazása a

$$dS = \frac{dU + p dV}{T} = \frac{dQ_{rev}}{T} \quad (4)$$

szerint definiált állapotjelzővel, az **entrópiával**<sup>1</sup> lehetséges. Nevezetesen: adiabatikus rendszerben

$$dS \geq 0, \quad (5)$$

<sup>1</sup> Az **entrópia** a tudomány (elsősorban a hőtan és az informatika) fontos fogalma, egy rendszer rendezetlenségi fokát jellemzi. Az entrópia műszót Rudolf Clausius (1822–1888) alkotta meg 1865-ben az energia mintájára. Ezzel jellemezte a termodinamikában az anyagi rendszerek molekuláris rendezetlenségét, illetve termodinamikai valószínűségének a mértékét. (Fülöp József: *Rövid kémiai értelmező és etimológiai szótár*. Celldömölk: Pauz-Westermann Könyvkiadó Kft. 1998. ISBN 963 8334 96 7)

diatermikus, tehát egymással termikus kapcsolatban álló (egymással hőcserét végző) rendszerekben

$$\sum_i dS_i \geq 0, \quad (6)$$

ahol az összegzést minden, a termikus kapcsolatban részt vevő rendszerre (részrendszerre) ki kell terjeszteni.

Az (5) és (6) összefüggésekben az egyenlőség reverzibilis, az egyenlőtlenség irreverzibilis esetben áll fenn. A (4) egyenlettel definiált  $S$  entrópia állapotjelző. Egy-egy közeg entrópiafüggvényét az  $s$  [kJ/(kg.K)], fajlagos entrópiára az

$$s=s_1(T,v), \text{ vagy } s=s_2(T,p) \quad (7)$$

alakban célszerű megadni. Ezek megalkotásához a közeg fajhőjét és  $p$ - $v$ - $T$  állapotegyenletét kell ismerni.

## A gázzállítás során képződő gázhidrátok

### A gázhidrátok kialakulásának feltételei

A gázhidrát szilárd formában képződhet bizonyos nyomások és hőmérsékletek mellett minden olyan földgázból, amelyben elegendő víz van jelen. (GTK, 1984.)

*Elsődleges kiváltó okok*

- vízmennyiség – kis hőmérséklet – nagy nyomás
- a gáz relatív nedvességtartalmának 100%-nak kell lennie, vagy másképpen fogalmazva a gáz vízgőzharmatpontján, vagy az alatti hőmérsékleten kell hogy legyen, szabadvíz jelenléte mellett.
- az adott gázösszetétel és gáznyomás esetén a gáz hőmérsékletének kisebbnek kell lennie a hidrátképződés határhőmérsékleténél. Ez a hőmérséklet a **hidrátpont**, ami a gázösszetétel és a nyomás függvénye.

*Másodlagos kiváltó okok, ill. katalizátortényezők*

- nagy áramlási sebesség,
- nyomáspulzálás,
- bármiféle külső-belső hatásra létrejövő keveredés, turbulencia,
- kristályképződést elősegítő-kiváltó szilárd „mag”-ok jelenléte,

A hidrátok kutatásával kapcsolatos tanulmányok eredményei:

- a folyékony szénhidrogének jelenléte a földgázban lecsökkenti a hidrátképződési hőmérséklete, azaz gátolja a hidrátok kialakulását,
- a glikololdatok *inhibitálhatják*<sup>2</sup> a hidrátképződést,

---

<sup>2</sup> inhibítál: akadályoz, elnyom

- a folyékony szénhidrogének és a glikololdatok egyesített hatása nem additív, közelíti az additivitást akkor, ha a gáz-olajarány csökken. A zavartalan üzemeltetés igen fontos elő feltétele az, hogy ismerjék a hidrátképződés helyét és feltételeit.

A hidrátképződés helye a feltételek ismerete alapján nagy valószínűséggel előrejelezhető, ill. konkrét esetben a rendellenes nyomásadatok alapján meghatározható.

*A hidrátképződés megelőzésének feltételei:*

- a gáz megfelelő „szárításával” (abszorpció, adszorpció) a relatív nedvességtartalom 100% alá csökkentése,
- a gáz hőmérsékletének emelése a hidrátképződési érték fölé (gázmelegítők),
- olyan kémiai reagensek megfelelő mértékű beadagolása, amelyek gátló hatást fejtenek ki a hidrátok kialakulására (pl. metanol),
- olyan nyomáscsökkentő berendezések – eszközök használata, amelyekben végbemenő termodinamikai folyamatok nem teszik lehetővé a hidrátok kialakulását (pl. örvénycsövek),
- kerülni kell a hidrátveszélyes helyeken a másodlagosan kiváltó okokat előidéző megoldásokat (irányváltások, szelvényváltások, stb.)
- hőveszteségek csökkentése (megfelelő hőszigetelések alkalmazásával),
- hidrátveszélyes helyeken egyedi nyomásszabályozók alkalmazása (az áthaladó gázáramot két részre választva, hogy a „kívül” haladó gázáram melegebb legyen, így a „belső” hidegebb gázáramot a hidrátképződési pont felé emelje).

*A hidrátképződés felismerésének lehetőségei:*

- vezeték dugulás (az áramlás megszűnik),
- részleges dugulás (a dugulás helyén sivítő hang),
- indokolatlan nyomáshullámok jelentkezése (a többé-kevésbé tömör hidrát dugók meg-megindulása)
- rendellenes nyomásveszteségek,
- folyamatos harmatpontmérés esetén észlelt indokolatlan és viszonylag gyors harmatpontcsökkenés.

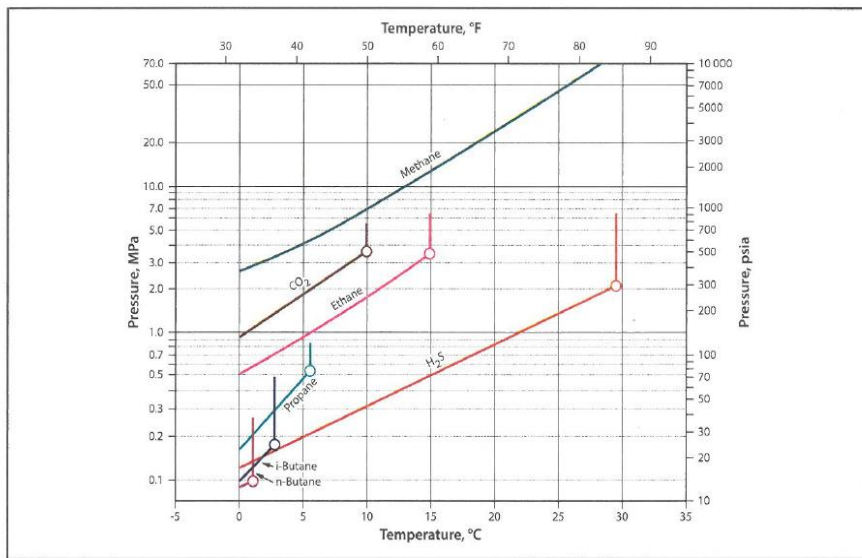
*A már kialakult hidrátok megszüntetésének lehetőségei:*

- a nyomás lecsökkentése a hidrátképződési nyomás szintje alá (levegőztetés-lefúvatás) az adott hidrát tulajdonságától függő időtartamig,
- az adott szakasz felmelegítése a hidrátképződési hőmérséklet fölé,

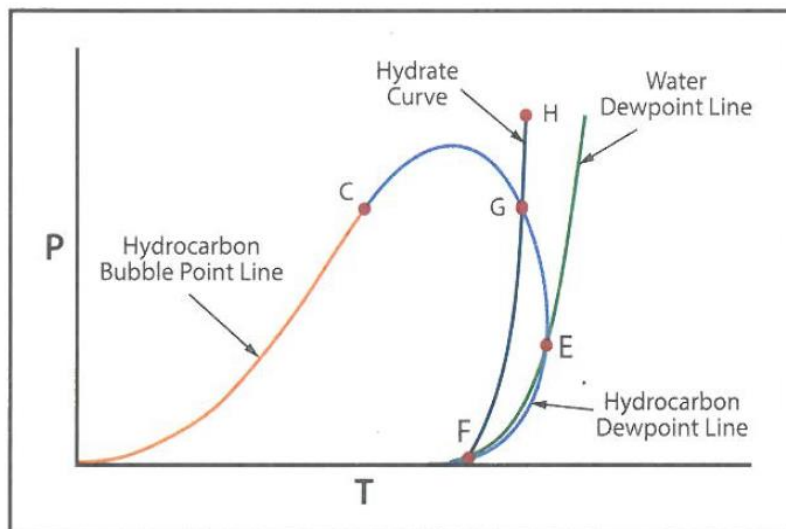
- olyan vegyszeres beadagolás – nyomáscsökkentés, ill. lefúvatás mellett – amely mintegy katalizálja a hidrátelbomlás folyamatát (pl. alkoholok, metanol) [1]

### Hidrát egyensúly

A . ábra mutatja a különböző földgáz összetevők szerint a hidrátképződés karakterisztikáját. A görbe alatti területen és a görbe jobb oldalán nem képződik hidrát. Tiszta összetevők esetén a görbe bizonyos hőmérsékleten függőlegesen halad. Ezen a ponton a hidrátképződés metszi a gőznyomás görbét, annál az összetevőnél. Ha nincs jelen gőz, a nyomásnak kis hatása van a hidrátképződés hőmérsékletére.



Hidrátképződés feltételei a különböző földgáz összetevők alapján



## Gázkeverék fázisviselkedése és hidrátgörbéje

A 9. ábra mutatja egy gázkeverék fázisállapot változását és a hidrátgörbéjét. Az FEGC görbe a gázkeverék hidrogén karbonát harmatgörbéje. A hidrátgörbe (FGH) lejtője egyre meredekebbé válik az FG görbe mentén. Az FG görbe meredeksége függ a folyékony szénhidrogén mennyiségétől a rendszerben. A folyékony fázis növelésével egyre meredekebbé válik a görbe lejtése. Amennyiben az FG görbe a kritikus pont bal oldalánál metszi a fázis burkoló görbét, a hidrátgörbe lényegében függőleges a folyadék hidrogén-karbonát területben.

A hidrátképződés általános folyamatának előrejelzése során az alábbi lépéseket kell figyelembe venni:

1. A megfelelő korreláció alkalmazása annak érdekében, hogy fel tudjuk venni az FEGC harmatpont görbét.
2. A helyes korreláció alkalmazásával meg kell találni a víz E harmatpontját, és fel kell venni a víz harmatpont görbét.
3. A helyes összefüggés alkalmazásával fel kell venni az FGH hidrát görbét.

## Földgázkezelés fogalma

Földgázkezelési eljárások a fő gázösszetevők valamelyikének, vagy egyidejűleg többnek részleges ill. teljes kinyerésére alkalmasak.

Földgáz kezelése: Azoknak a technológiai eljárásoknak az összessége, amelyek során fizikai változásokat idézünk elő, hogy a termelt földgáz, vagy annak valamelyik komponense meghatározott műszaki feltételek között a biztonságos elszállításra, tárolásra és további felhasználásra rendelkezésre álljon.

## Földgázkezelési eljárások csoportosítása



Földgázszáritási eljárások: Azok a technológiai folyamatok, amelyek csak a földgáz vízgőztartalmának különböző mértékű csökkentését végzik.

Földgáz-előkészítési eljárások: Azok az eljárások, amelyekben a belépő nyers gázáramból az előírt szénhidrogén és vízharmatponttal (harmatpont) rendelkező földgázt kapnak.

Földgáz feldolgozási eljárások: Azok a technológiai eljárások, amelyek a nyers földgáz egy vagy több összetevőjének fokozott, vagy teljes mértékű és előírt minőségű kinyerésére alkalmaznak.

### **A földgáz előkészítésének feladata**

A víz és szénhidrogén harmatpont egyidejű beállítása legalább 0...-5 °C értékig. Némely esetben gazdaságosabb lehet a nehezebb összetevők nagyobb mértékű leválasztása a termelési helyen, amely a szénhidrogén harmatpont kisebb hőmérsékletre, -10...-30 °C -ra csökkentését is eredményezheti.

### **Földgázkezelési eljárások csoportosítása**

- Földgázszáritási eljárások: Azok a technológiai folyamatok, amelyek csak a földgáz vízgőztartalmának különböző mértékű csökkentését végzik.
- Földgáz-előkészítési eljárások: Azok az eljárások, amelyekben a belépő nyers gázáramból az előírt szénhidrogén és vízharmatponttal (harmatpont) rendelkező földgázt kapnak.
- Földgáz feldolgozási eljárások: Azok a technológiai eljárások, amelyek a nyers földgáz egy vagy több összetevőjének fokozott, vagy teljes mértékű és előírt minőségű kinyerésére alkalmaznak.

### **Vízharmatpont:**

Az a hőmérséklet, amely fölött az adott nyomáson víz kondenzáció nem következik be. Bármely ennél kisebb nyomáson és ezen a hőmérsékleten nincs kondenzáció.

### **Szénhidrogén-harmatpont:**

Az a hőmérséklet, amely fölött az adott nyomáson nincs szénhidrogén kondenzáció. Egy adott harmatpont hőmérsékleten van egy nyomástartomány, amelyen belül a kondenzáció létrejön, kivéve egy pontot, a kritikus kondenzációs hőmérsékletet.

## A földgáz szárítási eljárásai I.

A földgáz víz-és vízgőztartalma műszaki és biztonsági problémákat okozhat:

- A CH és a víz kristályrendszerek, azaz ún. hidrátok képződése és lerakódása
- A gáz CO<sub>2</sub>-tartalma esetén szén-sav keletkezése és korróziós hatása
- A gáz H<sub>2</sub>S-tartalma miatt vas-szulfid keletkezése folytán elektrolitikus korrózió alakul ki
- Elfagyás és jégképződés
- Vízkondenzátum és ebből képződő dugók megjelenése

## A földgáz szárítási eljárásai II.

A tiszta CH gázok víztartalma a termelés alatt a kezelés előtt előforduló (T,p) 0,2 és 200 g/m<sup>3</sup> között változik.

A földgáz egyensúlyi víztartalmát csökkentik:

- Nehéz CH komponensek
- N<sub>2</sub> komponensek
- Rétegvíz só-tartalma

## A földgáz szárítási eljárásai III.

A gáz szárítására alkalmazott eljárások 3 csoportba sorolhatóak:

- Glikolos eljárások
- Szilárdágyas eljárások
- Hűtési eljárások

Az eljárások közül a megfelelő kiválasztásához ismerni kell vagy meg kell határozni:

- Az eljárással elérhető harmatpont, illetve harmatpontcsökkenést
- Az eljárás beruházási és üzemeltetési költségét
- Az eljárás speciális technológiai, üzemeltetési adottságait
-



A technológiai berendezés zavartalan, folyamatos üzeméhez a termék-gáz és a kigázosító edény nyomását, a szárító-és a kigázosító edény folyadéknívóját szabályozni kell.

Az eljárás előnyös tulajdonságai:

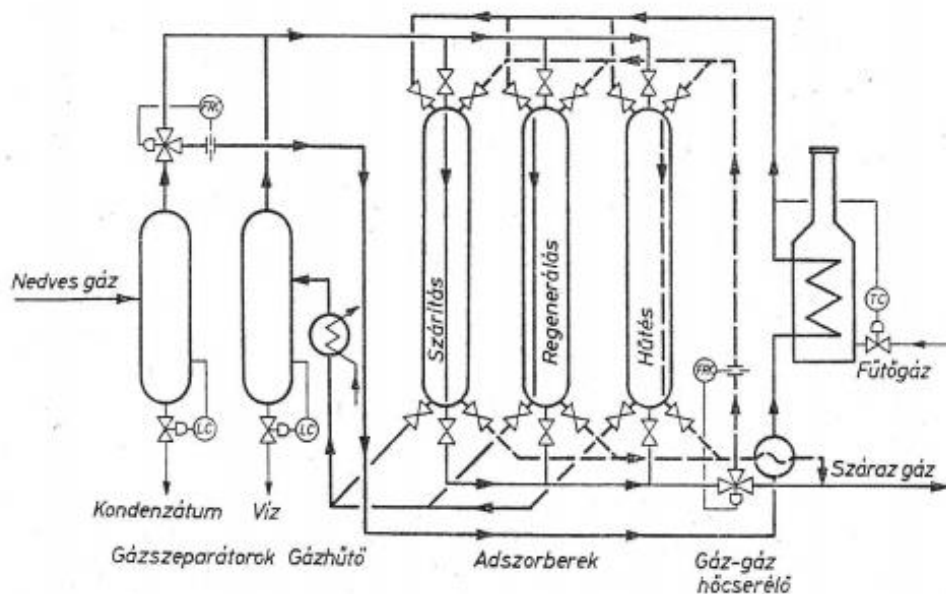
- Ez a technológia igényli a legkisebb beruházási költséget, üzemeltetési költségei is a legalacsonyabbak
- A folyamat egyszerű, rugalmas és kézben tartható
- A szárított gáz előírt technológiai paraméterei folyamatosan azonos értéken tarthatóak

### Szilárdágyas szárítási eljárás

Adszorpciós folyamat során a szilárd adszorbens egy mozgékony elegy egy vagy több komponensét felületén megköti.

Adszorbensként szilárd porózus, nagy fajlagos felületű anyagokat használnak.

A nedves földgáz először a gázszeparátorba lép be, ahol a korábbi nyomás és hőmérséklet-változás hatására kondenzálódott folyadékot leválasztják, hogy a szárítóba kerülő földgáz teljesen folyadékmentes legyen. Ezek a szárítótornyok egy időben különböző üzemi funkcióban is működhetnek.



### Távvezetési szállításra előkészített földgáz

Általában a mechanikai szennyeződésektől, víz- és szénhidrogéngőzöktől az előírás szerinti mértékben mentesített, a minőségre és a szennyezőkomponensekre vonatkozó feltételeket kielégítő távvezetési szállításra, ill. felhasználásra előkészített gázra használatos az elnevezés.

Részletesebb, pontosabb meghatározás a szolgáltatás jellegétől függően adható meg.

### **A földgázbólszármazó gazolinfélelégek**

A *gazolin* angolszász eredetű, átfogó, általánosító elnevezés. E termékcsoporthoz belül a különféle elnevezések igen heterogén termékpalettát jellemeznek. Az elnevezések jelentős része nem végtermékekre, hanem közbenső termékekre utal.

A bonyolult elnevezés és eredet – összefüggés rendszer bemutatására szolgál ez az ábra. Az ábratermészetesen a hazai gyakorlatban elterjedten meghonosodott összefüggéseket és elnevezéseket foglalja csak össze.

A szénhidrogének mindkét fő csoportjában - kőolaj és földgáz - előfordul a *gazolin* elnevezés. A kőolaj desztillációs végtermékei közül a legfontosabbak a *nyersbenzinek*, amelyekből a C1...C5 frakciót *könnyűpárlat* néven is ismerjük. Ezt a kőolajbányászati gyakorlatban a kőolaj távvezetési előkészítéskor, a stabilizálás és az emulzióbontás során választják le és a leválasztott anyagot gázfázisban a gázrendszerbe táplálják.

### **Stabilgazolinok**

Végtermék kategóriába tartozó termékpaletták. A feldolgozás mélységétől és az igényektől függően több minősége ismeretes.

- a „D” minőség csak egyedi, speciális igényeket kielégítő megrendelésre gyártható, további célfeldolgozás kiinduló nyersanyagként. Összetétele térfogatszázalékban: max. 1...2 bután; max. 45 pentán; min. 45 hexán; max. 7 heptán és max. 8 oktán,
- a gyógy benzin alapanyaggal kapcsolatosan támasztott további egyedi, speciális igények:

a) ólomtartalomtól mentes,

b) szárítási maradék max . 0,002%,

c) állékonyság: vízben oldhatatlan. Alkohollal, éterrel, kloroformmal elegyedik. Illóolajokkal, folyékony paraffinnal és - a ricinusolaj kivételével - zsíros olajokkal elegyíthet ő. Frissen kiforralt és lehűtött vízzel készült záradék semleges,

d) tisztasági fok: oldhatatlan és színezőanyagot, petróleumot nem tartalmazhat, üledékmentes, nehezen illó és idegen szagú anyagot nem tartalmaz,

e) lepárlási próba: 373 K-ig (100 °C-ig) átdestillál min. 65 térfogatszázalék, 403 K (130 °C-ig) átdestillál, min. 98 térfogatszázalék.

### **Propán-butánok**

A nemzetközi gyakorlatban -kereskedelemben az itt ismertetett anyagelnevezéseken más összetételű anyagkeverékek is forgalomba hozhatók. Ennek oka: a kőolaj-feldolgozás és a petrokémiai folyamatok során is keletkezhetnek hasonló vagy éppen azonos termékek, amelyek hasznosítása, keres kereskedelmi forgalomba hozása mindig a tovább feldolgozás igényeitől és lehetőségeitől, valamint a felhasználás-piackereslet igényeitől függ. Ezek ismeretében - adott esetben - az exportra, vagy hazai felhasználásra kerülő termékek megfelelően keverhetők, és a mindenkor egyedi termékárak ismeretében a kedvezőbb árbevételét biztosító minőségi változat állítható elő.

### **Etán**

A földgáz-feldolgozás egyik fontos művelete az etán kinyerés. Erre a növekvő petrokémiai igények hatnak mind ösztönzőbben, ugyanis az etilényártás szempontjából a földgáz fő komponensét alkotó metán gyakorlatilag nem pirolizálható, így a pirolízisre kerülő anyagáramból el kell távolítani.

Az etán kinyerésére a hagyományos mosóolajos eljárások nem adnak megfelelő eredményt, korszerű kriogén technológiák alkalmazása elkerülhetetlen.

Miután az etán igény csaknem kizárólagosan, mint pirolízis alapanyag jelentkezik és a pirolízis szempontjából a propán jelenléte is kedvező; kinyerendő etán tisztaságára vonatkozó általános előírás nincs, a mindenkor felhasználói igények szerinti tisztaságot kell biztosítani.

Általában a korszerű expanderes kriogén technológiákban 80/20% arányú etán-propán keverék nyerhető.

Speciális céltermék, ill. végtermék. Előállításának három célja, lehetősége:

- nagy távolságra való szállítás olyan esetben, amikor távvezetéki kapcsolat nem létesíthető;
- különleges fogyasztói csúcsok kiegyenlítéséhez szükséges földgáztárolási igény kielégítése olyan körülmények között, amikor csak tartályos tárolásra van lehetőség és rövid időn belül nagy teljesítményeket kell a tárolónak kiadni;
- az etántöbblet kinyerése céljából, vagy He- és Ar kinyerés céljából alkalmazott kriogén technológiából a céltermékek mellett keletkezik.

Mindhárom esetben a cseppfolyós földgáz minőségét a cseppfolyósító technológia szabja meg, amelynek kiválasztásakor a tárolás-szállítás és

visszagázosítás feltételeit is figyelembe kell venni. Döntő tényező és követelmény a 438 K szállítási- tárolási hőmérséklet, és hogy a visszagázosításkor az előírt fűtőértéket tartani kell.

A kereskedelmi forgalomban levő cseppfolyós földgáz fontosabb minőségi jellemzői:

- egyensúlyi hőmérséklet légköri nyomáson:  $-162\text{ °C}$ ,
- 1 tonna megfelel 2,38 m<sup>3</sup> térfogatnak, ill. 1 m<sup>3</sup> térfogat azonos 0,42 t tömeggel
- elégetési energia:  $5,6 \cdot 10^3$  thermia/m<sup>3</sup> 13,3-  $10^3$  thermia/t ,
- vízmentes,
- savas gázoktól és merkaptánoktól mentes,
- a gyakorlatban 1...5 térfogatszázalék C<sub>2</sub>+ szénhidrogént tartalmaz, azaz tiszta metánként kezelhető.

Dr. Vadászi Marianna  
*egyetemi docens*

Miskolc, 2026. február 09.